



**Stabilization of angular lateral laser beam position**

**Patent number:** DE19942905  
**Publication date:** 2000-03-30  
**Inventor:** STAMM UWE (DE); BASTING DIRK (DE); MANN KLAUS (DE); OHLENBUSCH JENS (DE)  
**Applicant:** LAMBDA PHYSIK GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H01S3/139; H01S3/225; G01B11/27  
- **European:** G01B11/26  
**Application number:** DE19991042905 19990908  
**Priority number(s):** US19980162424 19980928

**Also published as:**

 US6014206 (A1)  
 JP2000114636 (A)

Abstract not available for DE19942905

Abstract of corresponding document: **US6014206**

The present invention is an apparatus and method for stabilization of laser output beam characteristics by automatically adjusting the angular and the lateral positions of the output beam. A component of the output beam is detected at a far field location and also at a near field location along an optical path of the component. Both the angular and the lateral positions of the output beam are determined, as well as characteristics of the output beam, after the component is detected at both the near and the far field locations. Both the angular position and the lateral position of the output beam are automatically adjusted to optimize the output beam. The adjustment of both the angular position and the lateral position are made possible by using a beam steering device preferably including two mirrors.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 42 905 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 S 3/139  
H 01 S 3/225  
G 01 B 11/27

21 Aktenzeichen: 199 42 905.7  
22 Anmeldetag: 8. 9. 1999  
43 Offenlegungstag: 30. 3. 2000

DE 199 42 905 A 1

30 Unionspriorität:  
162424 28. 09. 1998 US

71 Anmelder:  
Lambda Physik Gesellschaft zur Herstellung von  
Lasern mbH, 37079 Göttingen, DE

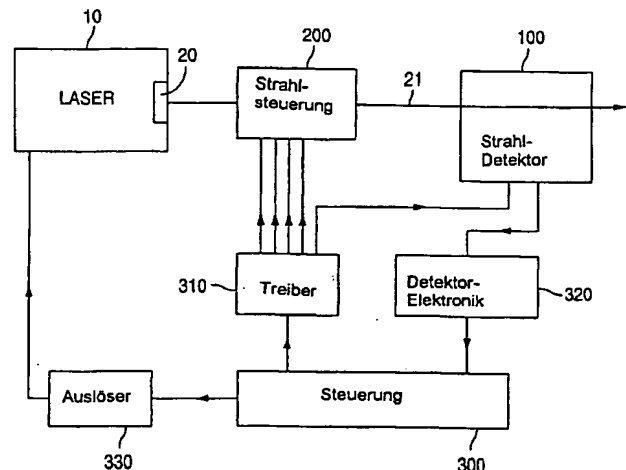
74 Vertreter:  
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und  
Rechtsanwälte, 81541 München

72 Erfinder:  
Basting, Dirk, Dr., 37079 Göttingen, DE; Stamm,  
Uwe, Dr., 37085 Göttingen, DE; Mann, Klaus, 37077  
Göttingen, DE; Ohlenbusch, Jens, 37073 Göttingen,  
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Stabilisierung der Winkel- und Raumlage eines Laserstrahls

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Stabilisieren eines Laserausgangsstrahls (21) durch automatisches Einstellen der Richtung und Lateralposition des Strahls. Eine Komponente des Ausgangsstrahls wird an einem Ort des Fernfeldes und auch an einem Ort des Nahfeldes auf dem optischen Weg dieser Komponente nachgewiesen. Sowohl die Richtung als auch die Lateralposition des Ausgangsstrahls werden bestimmt sowie Eigenschaften des Ausgangsstrahls, nachdem die Komponente hinsichtlich Eigenschaften im Nahfeld und im Fernfeld untersucht worden ist. Die Richtung und die Lateralposition des Ausgangsstrahls werden automatisch zur Optimierung des Ausgangsstrahls eingestellt. Die hierzu verwendete Strahlsteuerung verwendet vorzugsweise zwei Spiegel.



DE 199 42 905 A 1

Die Erfindung betrifft Laserstrahl-Stabilisierungstechniken, insbesondere die Optimierung eines Laser-Ausgangsstrahls durch automatische Justierung der Winkel- und Raumlagen des Strahls aufgrund von Informationen, die durch Messungen im Nah- und Fernfeld des Strahles gewonnen werden.

Laser werden zur Zeit insbesondere in der industriellen Materialbearbeitung eingesetzt. Beispiele für die industrielle Materialbearbeitung sind das sog. Ausheilen in der TFT-Technik (Dünnschicht-Transistoren; Thin Film Transistor) für beispielsweise flache Anzeigevorrichtungen, wie sie für Notebook-Computer oder in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, die Mikrolithographie und das "Bohren" dünner Löcher für Tintenstrahldüsen und auch Multichip-Einheiten. Für derartige und weitere Anwendungen wird eine Arbeitsstation mit einem Laser eingesetzt. Die Arbeitsstation weist einen Laser auf, ein Strahl-Zuführsystem, ein Abbildungssystem mit Maske und eine Werkstück-Handhabungseinheit auf. Die optische Justierung des gesamten Systems ist aufwendig weil schon die geringsten Abweichungen des Laserstrahls von der idealen Position, in der er die höchste Effektivität hat, eine reduzierte Leistungsfähigkeit des Systems zur Folge hat.

Zur Durchführung präziser Justiertechniken wird gut geschultes Personal benötigt. Weiterhin sind derartige Justiertechniken zeitaufwendig und können im Einzelfall, in Abhängigkeit von der Art des verwendeten Systems und seiner Komponenten, mehrere Stunden in Anspruch nehmen. Eine vollständige Justierung des Strahl-Zuführsystems kann z. B. erforderlich werden nach Wartungsarbeiten an einem Excimerlaserresonator, wenn z. B. ein Spiegel des Resonators ersetzt wurde.

Eine bekannte Technik der Strahljustierung für Farbstofflaseranwendungen sieht eine Einrichtung zum Drehen des Laserstrahls vor, vgl. US-Patent 4,514,849 (Witte et al.). Die Drehung wird durch einen drehenden Keil bewirkt. Geringe Störungen der Ausgangsleistung werden durch Prüfung orthogonaler Komponenten des drehenden Strahls ermittelt. Um die Ausgangsleistung des Farbstofflasers auf einem Maximum zu halten, wird die Justierung automatisch aufgrund der Art der Störungsinformation durchgeführt, die mittels der drehenden Keilanordnung erzeugt wird.

Gemäß einer anderen Technik wird ein Resonatorspiegel mit einer ersten Frequenz in einer Richtung moduliert und in einer anderen Richtung, die im wesentlichen senkrecht zur ersten steht, mit einer zweiten Frequenz, vgl. US-Patent 5,033,061 (Hobart et al.). Ein mit dem Strahlprofil zusammenhängendes Bezugssignal wird für jede der beiden Modulationsrichtungen separat gewonnen. Die Signale für die jeweiligen Richtungen werden getrennt demoduliert und es werden so Fehlersignale erzeugt. Die Laserstrahljustierung erfolgt aufgrund von Informationen, die aus den Fehlersignalen abgeleitet werden.

Eine ähnliche Technik misst die Intensität eines Ausgangsstrahls für mehrere Positionen eines einstellbaren Resonatorspiegels; vgl. japanische Patentanmeldung Nr. Sho 58-222585. Der Resonatorspiegel ist in zwei zueinander senkrechten Richtungen justierbar und befindet sich dann in seiner Betriebsstellung, wenn das Intensitätsprofil des Ausgangsstrahls optimal ist.

Die vorstehend genannten Techniken (Hobart et al., Witte et al. und die japanische Patentanmeldung) können so verstanden werden, daß sie darauf beruhen, die Leistung des Ausgangslaserstrahls dadurch verbessern, daß sie eine Strahlkomponente an einem bestimmten Ort messen und Informationen in zwei zueinander senkrecht stehenden Rich-

tungen analysieren. Auf diese Weise wird die Positionierung der Raumlage des Lasers (lateral laser beam positioning) an dem genannten Ort und die Laserausgangsleistung in beiden orthogonalen Richtungen verbessert.

Ein anderes System zum automatischen Justieren eines Laserstrahls hoher Leistung ist im US-Patent 4,146,329 (King et al.) beschrieben. Das System verwendet einen HeNe-Laser, der vorjustiert ist und koaxial mit dem Hochleistungslaserstrahl verläuft. Jeder der koaxialen Strahlen wird mittels eines schwenkbar gelagerten Umkehrspiegels, der zwei Achsen hat, neu ausgerichtet. Ein Extraktionsspiegel trennt den Hauptstrahl und ermöglicht, daß der HeNe-Justierstrahl ein schmales Loch im Spiegelzentrum passiert. Ein Sensor ermittelt die sog. "Null-Position" des Justierstrahls. Aufgrund von Informationen bezüglich der Position und Intensität des Justierstrahls wird die Position des Hochleistungsstrahls so justiert, daß seine Ausrichtung und Leistung optimal sind.

Das US-Patent 4,576,480 (Travis) beschreibt ebenfalls eine Technik unter Verwendung eines HeNe-Justierstrahls, der koaxial mit einem CO<sub>2</sub>-Laserhauptstrahl verläuft. Bei Travis wird der Umfang einer Justieröffnung abgetastet und eine Fehljustierung wird festgestellt, wenn ein elektrisches Detektorsignal beim Abtasten der Peripherie der Öffnung nicht konstant bleibt. Die beiden genannten Techniken von King et al. bzw. Travis verwenden getrennte Justierstrahlen, um die Leistung des Lasersystems zu verbessern.

Eine weitere Technik sieht die Messung des Strahldurchmessers an zwei Orten entlang seines optischen Weges vor, vgl. US-Patent 5,069,527 (Johnston, Jr. et al.). Bei diesem Verfahren wird das Strahlprofil in zwei Achsen vermessen, unter Verwendung einer drehenden Blende mit orthogonal ausgerichteten, unter 45° gegenüberliegenden Schneidkanten. Variationen der Intensität des Strahls werden über seinen Durchmesser an zwei Orten entlang des optischen Weges des Strahles gemessen. Die drehende Blende befindet sich am zweiten Ort wenn sie um 180° aus dem ersten Ort gedreht worden ist. Somit ist der zweite Ort um einen Abstand vom ersten Ort entfernt, der dem doppelten Radius des kreisförmigen Weges der drehenden Blende entspricht. In jedem Falle wird eine Linse verwendet, um eine Einschnürung am abgebildeten Strahl zu erzeugen. Die Technik von Johnston et al. sieht ein vom eigentlichen Lasersystem getrenntes Instrument vor, das zur Beobachtung der Raumlagenstabilität (Positionsstabilität) des Laserstrahls verwendet wird. Das Instrument ist aber kein Mittel, um die Justierung des Strahls zu steuern oder zu stabilisieren.

Es besteht deshalb Bedarf an einem hochgenauen System zur Optimierung, Steuerung und Stabilisierung eines Laser-Ausgangsstrahls. Dies gilt insbesondere heute aufgrund der Fortschritte bei der industriellen Materialbearbeitung, wie sie oben erläutert ist, wo hochpräzise Laserausgangsstrahlen verlangt werden. Dabei geht es nicht nur um die Präzision hinsichtlich der Raumposition des Strahls, sondern auch um die Präzision hinsichtlich seiner Richtung (des Winkels; also translatorische Justierung einerseits und Richtungsjustierung andererseits).

Der Erfindung liegt deshalb das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen zum Optimieren der Richtung und Lage eines Laser-Ausgangsstrahls durch Vermessen und automatisches Einstellen der Winkel- und Raumlagen des Ausgangsstrahls.

Der Gedanke ist, eine hohe Präzision dadurch zu erreichen, daß die Strahlposition an zwei optisch signifikant entfernten Orten gemessen wird. Eine automatische Justierung der Laterallage (Raumlage) und/oder der Winkellage (Richtung) des Strahls aufgrund von Informationen, die aus den beiden Messungen an verschiedenen Orten gewonnen wer-

den, ist das Ziel.

Hierzu wird eine Komponente des Ausgangsstrahls an einem Ort im Nahfeld nachgewiesen, um die Raumlage (Laterallposition) des Strahls zu bestimmen. Weiterhin wird auch eine Komponente des Strahls an einem Ort im Fernfeld nachgewiesen, um die Winkelrichtung des Strahls zu bestimmen. Sowohl die Winkellage als auch die Laterallage des Ausgangsstrahls werden dann automatisch justiert, um die Positionsstabilität des Ausgangsstrahls zu optimieren.

Nachfolgend wird die Erfindung mit Blick auf Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

**Fig. 1** schematisch den Aufbau eines Strahl-Justiersystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

**Fig. 2** eine bevorzugt verwendete Detektoreinheit für das Strahl-Justiersystem gemäß **Fig. 1**;

**Fig. 3** die Änderung der Divergenz mit dem Abstand vom Ausgangspunkt des Laserstrahls;

**Fig. 4** eine bevorzugt verwendete Strahl-Steuereinheit zur Verwendung mit dem Justiersystem gemäß **Fig. 1**;

**Fig. 5** ein Lasersystem einschließlich eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Strahl-Justiereinrichtung;

**Fig. 6** ein Lasersystem einschließlich eines dritten Ausführungsbeispiels einer Strahl-Justiereinrichtung; und

**Fig. 7** ein Lasersystem einschließlich eines vierten Ausführungsbeispiels einer Strahl-Justiereinrichtung.

Unter einer Laterallposition (Raumlage) eines Laserstrahls versteht man grob gesagt die Position eines Strahlquerschnittes in bezug auf eine Ebene, deren Normale parallel zur Vektorrichtung der Strahlfortpflanzung verläuft. Wird nur die Laterallage des Strahls geändert oder justiert, bewegt sich der Strahlquerschnitt in dieser Ebene. Mit anderen Worten, der "Schwerpunkt" des Strahls wird um eine Strecke in der genannten Ebene verschoben und die Richtung des Fortpflanzungsvektors des translatorisch geänderten bzw. justierten Strahls bleibt parallel zur Richtung des ursprünglichen Strahl-Fortpflanzungsvektors. Strahl-Positionsstabilitäten sind in den Internationalen Standards ISO 11670 und ISO 11146 definiert.

Die Winkelposition (Richtung) eines Laserstrahls ist grob gesagt die Richtung des vorstehend genannten Strahl-Fortpflanzungsvektors. Wird nur die Winkellage eines Strahls geändert oder justiert, ändert sich die Richtung des Strahl-Fortpflanzungsvektors um einen Winkelbetrag und die Laterallage (Raumlage) des Strahls bleibt am "Schwenk"-Punkt des optischen Weges des Strahls die gleiche. Mit anderen Worten, der Strahl wird im Ergebnis um einen festen Schwenkpunkt gedreht, also nicht wie beim lateralen Positionieren, wie oben beschrieben, translatorisch bewegt. Es versteht sich, daß dann, wenn die Winkellage eines Strahls geändert oder justiert wird, sich seine Laterallposition an jedem Ort entlang des optischen Weges des Strahls mit Ausnahme des Schwenkpunktes ebenfalls ändert, sofern keine zusätzliche Korrekturoptik eingesetzt wird. Der Schwenkort und auch die Einrichtung zum Justieren der Laterallposition (Raumlage) des Laserstrahls werden nachfolgend und in den Figuren als "Strahlsteuerungseinheit" 200 beschrieben. So wie die Raumstabilität des Strahls, wird auch die Strahl-Winkelstabilität in den Internationalen Standards ISO 11670 und ISO 11146 definiert.

Ändert sich die Winkel- oder Laterallposition eines Laserstrahls, so ist es auch höchst wahrscheinlich, daß sich die Strahlintensität und Raumlage des Strahls an einem kritischen Ort ändern, wie z. B. am Ort einer Blende und/oder am Ort des Einsatzes des Laserstrahls. Verläßt ein Strahl eine optimale Laterallposition, z. B. im Mittelpunkt einer kreisförmigen Blende, vermindert sich die Strahlintensität und Qualität kontinuierlich mit einer Bewegung des Maximums des Strahl-Intensitätsprofils radial aus dem geometri-

schen Zentrum der Blende heraus. In diesem Falle wird ein größerer Teil des Strahls an den Blendenkanten ausgeblendet und es treten auch variierende Beugungserscheinungen auf, da eine größere Asymmetrie an den Blendenkanten vorliegt.

Die Verluste an den Blendenorten reduzieren auch die Intensitäten an den Einsatzorten des Laserstrahls. Auch wird die Strahlqualität an den Einsatzorten durch asymmetrisches Ausblenden und Richtungsstörungen beeinträchtigt. Auch können mit zunehmender Asymmetrie des Strahlprofils Störungen hinsichtlich der Laterallposition des Strahls auftreten.

**Fig. 1** zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines Systems für die Strahljustierung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Mit einem Strahljustiersystem gemäß **Fig. 1** kann eine präzise Bestimmung der Laterall- und Winkelposition eines Ausgangsstrahls erfolgen. Nach einer derartigen Bestimmung können die Winkel- und Laterallpositionen des Strahls automatisch dahingehend justiert werden, daß die Richtung, Qualität und Intensität des Strahls an bestimmten Orten entlang seines optischen Weges optimal sind. Das automatisierte Strahljustiersystem gemäß **Fig. 1** stabilisiert die Winkelposition und die Laterallposition des Laserausgangsstrahls, ohne daß eine zeitaufwendige Nachjustierung von Hand mit Hilfe von Rückkoppel-Algorithmen oder elektronischen Einrichtungen erforderlich wäre. Die laterale Strahlposition ist mit einem System gemäß **Fig. 1** in einem Bereich von 0,5 mm oder besser stabilisierbar. Die Winkelposition des Strahls ist in einem Bereich von 0,1 mrad oder besser stabilisierbar.

Die automatische Strahl-Justiereinrichtung gemäß **Fig. 1** weist eine Strahldetektoreinheit 100, eine Strahl-Einstelleinheit 200, einen Antrieb 310 für die Strahl-Einstelleinheit 200, eine Auslöseeinheit 330, eine Steuerung 300 und eine Detektoreinheit 320 auf. Das System nach **Fig. 1** enthält einen Laser 10, der einen Ausgangsstrahl 21 erzeugt. Der Laser 10 hat ein Laserstrahlausgangsfenster 20. Das System ist zwar insbesondere ausgelegt zur Verwendung mit Excimerlasern, wie KrF-, ArF-, F<sub>2</sub>-, XeCl- und XeF-Excimerlasern, wo es zur Zeit besonders verwendet wird für die Herstellung von Dünnschichttransistoren oder in der Photolithographie von IC-Halbleiter-Elementen, jedoch ist das System auch für andere Lasersysteme geeignet, wie Farbstofflaser, Ionenlaser, CO<sub>2</sub>-Laser, Festkörperlaser, insbesondere Diodenlaser, YAG-Laser und praktisch jedes andere Lasersystem, wo eine präzise Justierung von Winkel- und/oder Laterallposition gewünscht ist.

Bei der Steuerung 300 handelt es sich bevorzugt um einen Personalcomputer oder einen anderen Mikroprozessor. Eine Funktion der Steuerung 300 ist das Steuern der Auslöseeinheit 330 zum Auslösen des Lasers (Pulsbetrieb). Eine andere Funktion der Steuerung 300 ist das Steuern der Antriebseinheit 310 zum Einstellen von optischen Bauteilen der Strahl-Steuereinheit 200, womit letztlich eine gewünschte optische Justierung der Laterall- und Winkelpositionen des Laserstrahls erreicht wird. Die Detektorelektronik 320 verarbeitet Informationen, die von der Strahldetektoreinheit 100 erhalten werden und darüber hinaus auch Befehle, die von der Steuerung 300 empfangen und abgegeben werden. Weiterhin leistet die Detektorelektronik 320 zumindest teilweise eine Koppelung der Steuerung 300 mit der Strahldetektoreinheit 100.

Die Steuerung 300, der Antrieb 310 und die Detektorelektronik 320 sind bevorzugt so ausgelegt, daß sie eine automatische Strahlpositionierung und Stabilisierung erreichen. Eine manuelle Positionierung kann ebenfalls möglich sein, ist jedoch nicht bevorzugt angesichts der Vorzüge einer automatischen Justierung. Erfolgt eine manuelle Justierung unter Verwendung einer Strahldetektoreinheit 100 gemäß

der Erfindung, können die Steuerung 300, der Antrieb 310, die Detektorelektronik 320 und/oder die Auslöseeinheit 330 verschieden sein von derjenigen Gestaltung, die sie bei einer automatischen Justierung annehmen oder sie können auch vereinfacht oder ganz weggelassen sein.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte optische Anordnung für die Detektoreinheit 100 des Strahljustiersystems gemäß Fig. 1. Eine Komponente des abgegebenen Laserstrahls 21 wird durch einen ersten Strahlteiler 101 abgelenkt. Beim ersten Strahlteiler 101 handelt es sich bevorzugt um eine Platte aus beispielsweise Quarzglas,  $\text{CaF}_2$  oder  $\text{MgF}_2$ . Bevorzugt hat die Platte eine Antireflexionsbeschichtung auf einer Oberfläche, um eine Doppelreflexion und die Bildung von zwei Abbildungen zu vermeiden. Es können aber auch andererseits eine Vielzahl von herkömmlichen Strahlteilern verwendet werden, wie z. B. eine Keilplatte mit Einfach-Reflexion.

Die vom ersten Strahlteiler 101 abgeteilte Komponente des Haupt-Ausgangsstrahls 21 ist für eine Analyse mittels der Strahldetektoreinheit vorgesehen und geht bevorzugt zunächst durch einen ersten Strahlabschwächer 110. Der erste Strahlabschwächer 110 dient zum Einstellen der Intensität der abgezwigten Komponente des Ausgangslaserstrahls 21, so daß die Intensität dem Nachweisbereich eines Detektorelementes 125 entspricht, auf daß die Komponente später auftritt. Die Verwendung des ersten Abschwächers 110 ermöglicht eine weitgehende Anpassung an das gewünschte Intensitätsverhältnis der zwei Komponenten, die durch den ersten Strahlteiler 101 geteilt werden und eine weitgehende Anpassung an den Nachweisbereich des Detektorelementes 125.

Nach Abschwächung durch den ersten Abschwächer 110 gelangt die abgezwigte Strahlkomponente zu einem zweiten Strahlteiler 102. Der zweite Strahlteiler 102 teilt die abgezwigte Komponente in eine erste reflektierte Komponente 22 und eine nicht-reflektierte Komponente 24. Der Weg der ersten Komponente 22 ist in Fig. 2 gezeigt. Der zweite Strahlteiler 102 kann ähnlich sein wie der erste Strahlteiler 101, d. h. der Strahlteiler 102 kann eine Platte sein mit einer Anti-Reflexionsbeschichtung auf einer Seite oder er kann auch eine Keilplatte mit Einfach-Reflexion sein. Der zweite Strahlteiler 102 kann auch eine dielektrische Beschichtung auf einer Oberfläche aufweisen zum Justieren der Intensität der ersten reflektierten Komponente 22. Die nicht-reflektierte Strahlkomponente 24 gelangt zu einem zweiten Abschwächer 111. Der zweite Abschwächer 111 schwächt die nicht-reflektierte Komponente 24 ab, um die Intensität der Komponente 24 in bezug auf die Intensität der Komponente 22, die vom zweiten Strahlteiler 102 abgeteilt wurde, anzupassen. Der zweite Abschwächer 111 ermöglicht eine Anpassung bezüglich des Verhältnisses der Intensitäten der Komponenten 22 und 24, die vom zweiten Strahlteiler 102 reflektiert bzw. durchgelassen werden, und damit ermöglicht er auch eine Anpassung an den Bereich der vom Detektorelement zu messenden Intensitäten, wenn dieses Detektorelement 125 das einzige Detektorelement in der Strahldetektoreinheit 100 ist, was bevorzugt der Fall ist.

Nach Abschwächung durch den zweiten Abschwächer 111 gelangt die nicht-reflektierte Komponente 24 auf einen ersten Spiegel 104. Der erste Spiegel 104 reflektiert die Komponente 124 entlang einem Strahlweg, der in Fig. 2 mit "23" bezeichnet ist. Der erste Spiegel 104 reflektiert bevorzugt die abgeschwächte Komponente 24 in der Richtung, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, insbesondere in bezug auf die anderen Strahlkomponenten.

Der erste Spiegel 104 und der zweite Strahlteiler 102 sind jeweils bevorzugt so ausgerichtet, daß die Komponente 23 und die erste reflektierte Komponente 22 zumindest annä-

hernd den gleichen Winkel einnehmen in bezug auf die Fortpflanzungsrichtung derjenigen Komponente, die vom Hauptstrahl 21 abgeteilt worden ist. Wie gezeigt, ist also die Richtung der vom zweiten Strahlteiler 102 reflektierten Komponente 22 parallel zur vom ersten Spiegel 104 reflektierten Komponente 23, aber nicht kollinear.

Die zweite reflektierte Komponente 23 wird mittels einer Fokussierlinse 115 gebrochen. Die Fokussierlinse dient zur Erzeugung eines Fernfeld-Strahlprofils in nur einem schmalen geometrischen Stück des Strahlweges der Komponente 23. Wird eine Stabilisierung der Strahlposition in einer (einzigen) Axialrichtung gewünscht, kann eine Zylinderlinse verwendet werden. Wenn hingegen eine Stabilisierung der Strahlposition in zwei Richtungen gewünscht wird, wird bevorzugt eine sphärische Linse verwendet.

Bevorzugt wird ein Unterbrecher (Chopper) 120 verwendet, um einen Strahl zu unterbrechen und den anderen Strahl unverändert durchzulassen, so daß der Fernfeld-Strahl 23 und der Nahfeld-Strahl 22 abwechselnd mittels desselben Detektors 125 gemessen werden können. Der Unterbrecher 120 kann zwei Öffnungen haben, die in Fig. 2 dargestellt sind, wobei die Bewegung des Unterbrechers durch den Pfeil A angedeutet ist. Jede der beiden Öffnungen kann abwechselnd in bezug auf einen der beiden Strahlen 22 bzw. 23 zentriert werden, wobei wahlweise ein Strahl 22 oder ein Strahl 23 abgeblockt und der jeweils andere Strahl durchgelassen wird.

Jeder der ersten und zweiten reflektierten Komponenten kann mit der gleichen oder bei unterschiedlichen Frequenzen moduliert werden, um die Detektorempfindlichkeit zu verbessern. Wird nur eine Modulationsfrequenz verwendet, arbeitet der Unterbrecher wie oben beschrieben. Werden unterschiedliche Modulationsfrequenzen verwendet, können beide Komponenten 22 und 23 gleichzeitig durchgelassen werden. Der Unterbrecher 120 wird mittels einer Antriebseinheit 121 angetrieben, wobei es sich um einen Motor oder ein pneumatisches oder ein hydraulisches Element handeln kann. Ein phasenempfindlicher Verstärker ist an den Detektor 125 angeschlossen, um die beiden Signale mit hoher Empfindlichkeit zu messen. Es können auch zwei unterschiedliche Unterbrecher verwendet werden.

In Abwandlung des vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiels können auch zwei Detektoren verwendet werden, jeweils einer für die erste bzw. die zweite reflektierte Komponente 22 bzw. 23, wobei die Modulationsfrequenzen, falls überhaupt moduliert wird, gleich sein können, oder auch verschieden. In diesem Falle werden der zweite Spiegel 105, der dritte Strahlteiler 103 und der Unterbrecher 120 nicht verwendet.

Wie in Fig. 2 dargestellt ist, wird die zweite reflektierte Komponente 23 mittels eines zweiten Spiegels 105 umgelenkt, und zwar bevorzugt im rechten Winkel in bezug auf den Strahlweg, auf dem sie auf den Spiegel 105 auftritt.

Eine bevorzugte Brennweite der Linse 115 liegt im Bereich von 0,1 bis 3,0 m und besonders bevorzugt im Bereich von etwa 1,0 m. Typische geometrische Abstände zwischen den in Fig. 2 gezeigten optischen Bauteilen liegen im Bereich von vorzugsweise 5 bis 50 cm. Die in Fig. 2 gestrichelte Box 100 hat, um die Dimensionen deutlich zu machen, bevorzugt Abmessungen im Bereich von 40 bis 100 cm. Dies bedeutet auch, daß die Fig. 2 mit dieser Angabe eine Aussage beinhaltet über die typischen Abmessungen der einzelnen Komponenten bei diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel.

Die erste reflektierte Komponente 22 trifft auf einen dritten Strahlteiler 103 und wird von diesem umgelenkt. Auch dieser Strahlteiler kann eine dielektrische Beschichtung aufweisen zum Einstellen der reflektierten Intensität. Anderer-

seits kann der dritte Strahlteiler **103** auch gleich oder ähnlich sein dem ersten Strahlteiler **100**, der keine Beschichtung aufweist. Bevorzugt werden die ersten und zweiten reflektierten Komponenten **22** und **23** so umgelenkt, daß sie nach dem dritten Strahlteiler **103** kollinear sind.

Auf diese Weise empfängt das einzige Detektorelement **125** beide umgelenkten Komponenten **22** bzw. **23**. Beim Detektorelement **125** kann es sich beispielsweise um eine lineare Diodenreihe, eine CCD-Kamera oder um eine orts-empfindliche Diode handeln. Ein phasenempfindlicher Verstärker kann zur Erhöhung der Empfindlichkeit und Verbesserung des Signal/Rausch-Verhältnisses eingesetzt werden.

Die vorstehend beschriebene Detektoreinheit **100** vermißt den Laser-Ausgangsstrahl **21** an zwei Orten, die signifikant unterschiedliche optische Abstände von dem Ausgang **20** des Lasers haben. Die eine Komponente **22**, die entlang dem in Fig. 2 ebenfalls mit "22" bezeichneten optischen Weg verläuft, wird an einem Ort im optischen Nahfeld vermessen und die andere Komponente **23**, die entlang dem in Fig. 2 mit "23" bezeichneten Weg verläuft, wird an einem Ort im optischen Fernfeld vermessen. Vorzugsweise handelt es sich bei den Orten im Nahfeld bzw. Fernfeld um diejenigen, die in den Internationalen Standards ISO 11146 und 11670 beschrieben sind. Das Detektorelement **125** befindet sich also an einem Ort im Fernfeld wenn es in der Brennebene eines fokussierenden Elementes, wie der Linse **115** liegt. Ein Ort im Nahfeld ist dahingehend definiert, daß die Bildebene eines abbildenden Elementes im Nahfeld liegt. Anders und allgemein ausgedrückt ist ein Ort im Fernfeld ein Beobachtungspunkt, der, beispielsweise am Detektor **125**, optisch sehr weit vom Ausgang **20** des Lasers entfernt ist. Der Ausgang **20** kann beispielsweise das Auskoppelfenster des Laserresonators sein oder eine entsprechende optische Öffnung. Mit "sehr weit" ist hier gemeint, daß der optische Weg von einem Quellpunkt, beispielsweise am Strahlteiler **101** oder am Strahlteiler **102**, zum Beobachtungspunkt, beispielsweise am Detektor **125**, zumindest annähernd linear von den Koordinaten des Quellpunktes abhängt. Entsprechend kann man unter einem Ort im Nahfeld einen Beobachtungspunkt verstehen, beispielsweise am Detektor **125**, der optisch nahe am Quellpunkt liegt, beispielsweise am Strahlteiler **101** oder am Strahlteiler **102**. Mit "nahe" ist hier gemeint, daß der optische Weg vom Quellpunkt, z. B. am Strahlteiler **101** oder am Strahlteiler **102**, zum Beobachtungspunkt, beispielsweise am Detektor **125**, zumindest annähernd parabolisch von den Koordinaten des Quellpunktes abhängt.

Am Ort im Nahfeld, der nahe dem Ausgang **20** des Lasers liegt, wird eine Intensitätsverteilung des Laserstrahls gemessen. D.h., eine Intensitätsverteilung, bzw. ein Laser-Strahlprofil, wird ermittelt.

Der Ort im Fernfeld liegt bevorzugt in der Brennebene der fokussierenden Linse. Er ist geometrisch "weit entfernt" (im obigen Sinne) vom Ausgang **20** des Lasers. Der Begriff "weit entfernt" bedeutet hier, daß die Divergenzeigenschaften des Laserstrahls nicht mehr vom Abstand vom Laserausgang abhängen.

Wie in Fig. 3 dargestellt ist, ändert sich der Divergenzwinkel des Laserstrahls mit dem Abstand vom Laserausgang **20** im Nahfeld. Im Fernfeld jedoch, das weiter weg vom Laserausgang **20** beginnt, hängt der Divergenzwinkel nicht mehr vom Abstand vom Laserausgang **20** ab.

Die Steuerung **300** bestimmt bevorzugt die Intensitätsverteilung im Nahfeld, bzw. das Strahlprofil, und die Intensitätsverteilung im Fernfeld. Die Bestimmung des Strahlprofils im Nahfeld erlaubt eine Bestimmung der Lateralposition des Ausgangsstrahls **21**. Die Messung der Intensitätsverteilung im Fernfeld erlaubt eine Bestimmung der Winkelposi-

tion bzw. Richtung des Ausgangsstrahls **21**. Eine optimale Strahlposition nach einer anfänglichen Justierung kann als Bezugsposition gemessen und in der Steuerung **300** abgespeichert werden, um weitere anschließende Justierungen mit Hilfe von dann gemessenen Winkel- und Lateralpositionen des Strahls zu erleichtern.

Beim Laserbetrieb oder nach einer Wartungsarbeit am Lasersystem, kann die Detektoreinheit **100** in einfacher Weise feststellen, ob und in welchem Ausmaß der Ausgangsstrahl **21** vom Optimalwert abweicht, indem die laufenden Lateral- und Winkelpositionen mit den abgespeicherten Positionen verglichen werden. Die Steuerung **300** kann dann eine rückgekoppelte Justierschleife betätigen und durch Einstellen entsprechender Stellglieder die Winkel- und Lateralpositionen des Laserstrahls stabil halten.

Die Strahldetektoreinheit **100** mißt bevorzugt in einem "Schwerpunkt" (im übertragenen Sinn) des Profils des Strahls **21** an zwei Orten, d. h. einmal im Nahfeld und einmal im Fernfeld des optischen Weges. Andererseits kann aber auch eine Breite des Laserstrahls gemessen werden und ein Rückkoppel-Algorithmus kann eine bestimmte "Kante" des Strahlprofils stabilisieren. Die Meßorte sind entlang des optischen Weges signifikant voneinander entfernt, derart, daß die Winkelposition des Ausgangsstrahls mit hinreichender Genauigkeit bestimmbar ist. Die oben beschriebene Fokussierlinse ermöglicht, daß die Meßorte physikalisch relativ nahe beieinander sind, obwohl sie optisch weit voneinander entfernt sind.

Unterschiedliche Software kann verwendet werden, um die Steuerung **300** zu instruieren, die Winkel- und Lateralpositionen des Strahls zu berechnen oder zu bestimmen. Wird der Ansatz über den "Schwerpunkt" gewählt, kann die ISO 11670 bzw. ISO 11145 herangezogen werden. Der Rückkoppel-Algorithmus ermöglicht dann die Stabilisierung des Strahls **21**, nachdem der Strahl **21** zunächst bezüglich der Lateral- und Winkelpositionen auf optimale Werte eingestellt worden ist.

Fig. 4 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Strahlsteuereinheit **200** des Strahljustiersystems gemäß Fig. 1. Die Strahlsteuereinheit **200** liegt bevorzugt außerhalb des Resonators. Die Strahljustierung kann wahlweise unter Verwendung eines Spiegels oder beider Spiegel des Resonators erfolgen, entweder unabhängig oder zusammen mit einer anderen optischen Einheit, die Spiegel oder brechende Elemente aufweisen kann. Der Resonatorspiegel kann mittels eines Motors bewegbar sein zum Justieren und Stabilisieren der Position des Strahls. In Abwandlung des Ausführungsbeispiels einer Strahlsteuereinheit **200** gemäß Fig. 4 können ein Prisma oder mehrere Prismen oder andere brechende und/oder disperseive Elemente verwendet werden, um den Strahl zu justieren und zu stabilisieren.

Bevorzugt weist die Strahlsteuereinheit **200** zwei im wesentlichen ebene und senkrecht zueinander stehende Spiegel **401** und **402** auf, die gemäß Fig. 4 so angeordnet sind, daß sie einen einfallenden Strahl **21** ablenken. Ein Ausgangsstrahl **25** pflanzt sich unter einem ausgewählten Winkel in bezug auf die Fortpflanzungsrichtung des Einfallsstrahls **21** fort.

Der genannte erste Spiegel **401** ist auf einer ersten Spiegelabstützung **403** montiert und der zweite Spiegel **402** auf einer zweiten Spiegelabstützung **404**. Die erste Spiegelabstützung **403** ist mit einem ersten Betätigungselement **405** und einem zweiten Betätigungselement **406** gekoppelt. Die zweite Spiegelabstützung **404** ist mit einem dritten Betätigungselement **407** und einem vierten Betätigungselement **408** gekoppelt. Die Betätigungselemente **404**, **405**, **406** und **407** können unterschiedlich gestaltet sein, z. B. in Form eines Gleichstrommotors, eines Schrittmotors, eines piezo-

elektrischen Betätigers, oder ähnliches.

Der erste Spiegel 401 soll mit den beschriebenen Mitteln hinsichtlich seiner Orientierung so einstellbar sein, daß eine Flächennormale des ersten Spiegels 401 um einen typischen Grundwert der Normalen innerhalb eines vorgegebenen weiten Winkelbereiches kontinuierlich einstellbar ist. Die Normale des ersten Spiegels 401 ist somit kontinuierlich einstellbar in bezug auf wahlweise eine von zwei sphärischen Winkelkoordinaten.

Nachdem der Strahl 21 auf den ersten Spiegel 401 aufgetroffen und von dort reflektiert ist, bewegt er sich auf dem in Fig. 4 "mit 26" bezeichneten Weg und dieser Strahl wird nachfolgend mit "26" bezeichnet. Der Strahl 26 wird also auf den zweiten Spiegel 402 gerichtet. Der zweite Spiegel 402 ist so positioniert, daß der Strahl 26 etwa in der Mitte auf den Spiegel auftrifft oder zumindest so weit von der Spiegelkante entfernt, daß der zweite Spiegel 402 nicht als Blende für den Strahl 26 wirkt.

Die dritten und vierten Betätigungselemente 407 und 408 sind so angeordnet, daß der zweite Spiegel 402 so einstellbar ist, daß eine Normale auf dem zweiten Spiegel 402 um eine bestimmte vorgegebene mittlere "Grundnormale" herum innerhalb eines vorgegebenen weiten Winkels kontinuierlich einstellbar ist. Die Normale auf dem zweiten Spiegel 402 ist somit kontinuierlich in bezug auf zwei sphärische Winkelkoordinaten einstellbar.

Der Strahl 26 wird am zweiten Spiegel 402 reflektiert und setzt sich entlang eines Pfades "25" fort und der so eingestellte Strahl wird nachfolgend mit "25" bezeichnet. Die Spiegel 401 und 402 können so justiert werden, daß der Strahl 25 unter einem ausgewählten Winkel in bezug auf den Einfallsstrahl 21 verläuft, d. h. die Strahlsteuereinheit 200 leistet diese Einstellung. Mit dieser Anordnung ist der Strahl 21 in bezug auf zwei sphärische Winkelkoordinaten kontinuierlich justierbar. Der Strahl 21 ist auch translatorisch derart justierbar, daß der Strahl 25 translatorisch verschiebbar ist aus einer gegebenen Position in eine andere Position, d. h. die translatorische Verschiebung ist eine Parallelverschiebung oder eine mehr oder weniger von der Parallelität abweichende Verschiebung in bezug auf eine gegebene Position. Die Strahlsteuereinheit 200 ist somit ein Mittel zum Einstellen sowohl der Winkelposition (Richtung) als auch der Lateralposition (Raumlage) des Strahls 25, der der Ausgangsstrahl des Systems ist. Diese Vielfalt hinsichtlich der Justierbarkeit ist insofern wichtig als der Strahl 25 insbesondere für eine der oben genannten Anwendungen vorgesehen ist, die eine hohe Präzision erfordern.

In Abwandlung des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 4 können andere Optiken zum Neuausrichten des einfallenden Strahls 21 in Richtung auf den ausgewählten optischen Weg 25 mit Einstellbarkeit hinsichtlich Raumlage und Winkel eingesetzt werden. Z. B. können ein oder mehrere Prismen, ein oder mehrere keilförmige Platten oder auch zwei Keile verwendet werden.

Fig. 5 zeigt eine gegenüber Fig. 2 modifizierte Anordnung. Gemäß Fig. 5 ist eine Strahlsteuereinheit 200 zwischen dem Ausgang 20 des Lasers und den Komponenten angeordnet, die in dem gestrichelten Kästchen 100a angeordnet sind. In Abwandlung von Fig. 5 kann die Strahlsteuereinheit 200 auch an anderer Stelle angeordnet werden.

Der grundsätzliche Unterschied zwischen dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 gegenüber Fig. 2 liegt darin, daß die Linse 115a gemäß Fig. 5 vor dem zweiten Strahlteiler 102 angeordnet ist und nicht hinter dem dritten Strahlteiler 104. Die Linse 115a wird sowohl als Abbildungslinse zur Abbildung einer Nahfeldebene an der Blende 30 auf den Detektor 125 (entlang dem Strahlweg 22), als auch als Fokussierlinse verwendet, wobei der Detektor 125 in der Brenn-

ebene der Linse 115a angeordnet ist, um die Fernfeld-Intensitätsverteilung zu ermitteln. Diese abgewandelte Anordnung ermöglicht die Messung des Strahlprofils im Nahfeld in einer Ebene, die im Lasergehäuse angeordnet ist, beispielsweise in der Ebene eines Verschlusses oder in der Ebene des Ausgangsspiegels. Im Unterschied dazu wird beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 das Strahlprofil im Nahfeld außerhalb des Lasergehäuses gemessen und ohne Verwendung einer Abbildungslinse.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Justiervorrichtung. Die Anordnung gemäß Fig. 6 unterscheidet sich von den Anordnungen nach den Fig. 2 und 5 dadurch, daß eine Fokussierlinse 615a und eine separate Abbildungslinse 115b verwendet werden. Der Detektor 650 ist in der Abbildungsebene der Fokussierlinse 615a angeordnet. Das Strahlprofil im Nahfeld kann gesondert an mehreren Stellen gemessen werden. Beispielsweise kann die Laser-Apertur (Blende) am Spiegel 401 oder am Spiegel 402 oder an einer anderen Stelle angeordnet werden, ohne daß dadurch die Stellung der Fokussierlinse 615a oder die Abbildungsebene der Fokussierlinse 615a am Detektor 650 geändert würden.

Gemäß Fig. 6 wird der Ausgangsstrahl 21 des Lasers durch die einstellbaren Spiegel 401, 402 neu ausgerichtet. Der neu ausgerichtete Strahl 25 fällt dann auf einen ersten Strahlteiler 101, wobei ein Teilstrahl 27 nach unten auf die Strahl-Stabilisierungsanordnung fällt. Der reflektierte Teilstrahl 27 trifft auf einen zweiten Strahlteiler 102, der einen ersten Teilstrahl 22 reflektiert und einen zweiten Teilstrahl 23 durchläßt. Der erste Teilstrahl 22 geht dann durch eine Abbildungslinse 615b und wird hierdurch auf eine CCD-Kamera 650 abgebildet.

Der zweite Teilstrahl 23 passiert einen zweiten Strahlteiler 102 und wird durch die Fokussierlinse 615a fokussiert. Der zweite Abschnitt 23 wird dann mit zwei Spiegeln 104b und 102b zum Strahlteiler 104b gelenkt, wo ein Teil des fokussierten zweiten Strahlteils 23 in die CCD-Kamera 650 gerichtet wird.

Das System gemäß Fig. 6 verwendet zwei externe Steuerungsspiegel M1, M2 auf motorisierten Spiegelträgern. Es wird eine einzige CCD-Kamera 650 verwendet, um selektiv sowohl das Profil des Laserstrahls 21 im Nahfeld als auch im Fernfeld zu beobachten.

Das Profil des Laserstrahls 21 im Nahfeld wird am Ort des Spiegels M2 unter Verwendung der Projektionslinse 615b ermittelt, welche das Strahlprofil an der Stelle M2 auf die CCD-Kamera 650 oder einen entsprechenden Festkörper-Bildsensor oder dergleichen abbildet. Aus diesem Profil kann die Lateralposition des Strahls ermittelt werden. Die Winkelposition (Richtung) des Strahls wird durch Messung des Fernfeld-Profiles des Laserstrahls in der Brennebene der Fokussierlinse 615a ermittelt. Ein motorisierter Unterbrecher (Verschluß) 120 wird verwendet, um zwischen den beiden Strahlwegen umzuschalten.

Die Bestimmung der aktuellen Strahlposition P auf dem Spiegel M2 liefert eine Information, mit der eine Rückkopplungsschleife angesteuert werden kann zum Neujustieren oder Stabilisieren des Strahls auf einen zuvor festgelegten Bezugspunkt P, nämlich durch Einstellen (vorzugsweise automatisch) des Spiegels M1. Hierdurch können Strahl-Positionsänderungen kompensiert werden.

Nach Stabilisierung des Strahls an der Stelle P auf dem Spiegel M2 erlaubt die Messung des Fernfeldes eine Ermittlung der momentanen Strahlrichtung, die mit einem Bezugswert verglichen wird, der nach einer anfänglichen Justierung des Lasers bestimmt worden ist. Eine Rückkopplungsschleife kann dann aktiviert werden zum Stabilisieren der Strahlrichtung auf den Bezugswert durch Neujustierung (wiederum

bevorzugt automatisch) des Spiegels M2. Dies ist eine Kompensation von Änderungen der Strahlrichtung.

Die Anordnung gemäß Fig. 6 hat einige Vorzüge. Einer liegt darin, daß im Unterschied zur Einstellung von Resonatorspiegeln bei der Justierung von externen Strahl-Steuer-  
spiegeln nur die Strahlposition und Richtung beeinflusst wird, während sowohl die Form des räumlichen Strahlprofils als auch der Laserausgang nicht beeinflusst werden.

Ein Hauptvorteil der hier beschriebenen Anordnungen liegt darin, daß sehr präzise und zuverlässige Daten über Strahlprofile an einem Anwendungsort der Laserstrahlung gewonnen werden können. Die erforderlichen Justierungen hinsichtlich Winkel- und/oder Lateralposition des Strahls verlangen wenig Zeit. Wird eine automatische Justierung durchgeführt, erfolgt die Strahljustierung und -stabilisierung in "Echtzeit". Auch bei manueller Justierung wird relativ wenig Zeit erforderlich sein zur Erzeugung eines reproduzierbaren Strahlprofils.

Fig. 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Justier Vorrichtung. Die Anordnung gemäß Fig. 7 ist ähnlich der gemäß Fig. 2. Bei der Variante gemäß Fig. 7 ist der Detektor 125 in zwei Hälften 725a, 725b geteilt. Die linke Detektorhälfte 725a ist in der Brennebene der Linse 115 positioniert. Die linke Detektorhälfte empfängt deshalb den Teilstrahl 23. Somit wird das Fernfeld auf die linke Detektorhälfte 725a abgebildet. Die Nahfeld-Bildebene wird auf die rechte Detektorhälfte 725b abgebildet. Somit empfängt die rechte Detektorhälfte den Teilstrahl 22.

Der Teilstrahl 22 und der Teilstrahl 23 können gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten am Detektor 125 eintreffen. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 braucht der Unterbrecher 120 nicht verwendet zu werden. Somit ist diese Anordnung kompakter.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ermitteln und Einstellen einer Raumlage und/oder Richtung eines Laser-Ausgangsstrahles, mit:
  - zumindest einem Detektor (125) zum Nachweis eines Laserstrahls an einem Ort im Nahfeld und einem Ort im Fernfeld entlang des optischen Weges des Strahls;
  - einem Prozessor (300) zum Bestimmen der Raumlage des Strahls aufgrund der Messung bezüglich des Nahfelds und der Richtung des Strahls aufgrund der Messung bezüglich des Fernfelds; und
  - Einrichtungen (200, 310) zum Einstellen der Richtung bzw. der Raumlage des Ausgangsstrahls auf eine vorgegebene Stellung.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nur ein Detektor (125) vorgesehen ist zum Messen zumindest einer Eigenschaft des Laserstrahls am Nahfeld-Ort und am Fernfeld-Ort.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (125) gleichzeitig eine Messung bezüglich des Ortes im Nahfeld als auch bezüglich des Ortes im Fernfeld durchführt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Bereich (725b) des Detektors (125) die Messung bezüglich des Ortes im Nahfeld und ein zweiter Bereich (725a) des Detektors (125) die Messung bezüglich des Ortes im Fernfeld durchführt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor abwechselnd am Ort im Nahfeld und am Ort im Fernfeld mißt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet

durch einen Unterbrecher (120), der abwechselnd die Messung im Nahfeld und die Messung im Fernfeld unterbricht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Justiereinrichtung (405, 406, 407, 408) vorgesehen ist zum Justieren von einem oder mehreren Spiegeln (401, 402) zum Ausrichten des Strahls, wobei die Spiegel außerhalb des Resonators des Lasers angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Justieren ein Prisma oder mehrere Prismen zum Ausrichten des Strahls aufweist, wobei die Prismen außerhalb eines Resonators des Lasers angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zumindest eine Detektor eine CCD-Kamera ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die CCD-Kamera sowohl ein Strahlprofil im Nahfeld als auch eine Intensitätsverteilung des Strahls im Fernfeld mißt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fokussierlinse (615a) die Intensitätsverteilung im Fernfeld und eine Abbildungslinse (615b) das genannte Profil im Nahfeld abbilden.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Linse (115) verwendet wird, um das Strahlprofil im Nahfeld auf den Detektor (125) abzubilden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Linse verwendet wird, um die Intensitätsverteilung des Strahls im Fernfeld auf den Detektor zu fokussieren.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linse auch verwendet wird, um die Intensitätsverteilung des Strahls im Fernfeld auf den Detektor zu fokussieren.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser einen Resonator mit einstellbaren Resonatorspiegeln aufweist und daß die Einstellrichtungen diese Resonatorspiegel einstellen.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine konvexe Fokussierlinse verwendet wird, um ein Fernfeldbild des Strahls am Ort des Fernfeldes zu erzeugen.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellrichtung (300, 310, 320) Steuer- und Rückkoppelelektroniken und zugehörige Software aufweist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellrichtungen automatisch die Winkelrichtung und die Lateralposition des Ausgangsstrahls (25) entsprechend Informationen einstellen, die vom Detektor und vom Prozessor erhalten werden.

19. Vorrichtung zum Messen und Einstellen einer Lateralposition und/oder einer Winkelrichtung eines Laserstrahls mit:

- einer Einrichtung (100) zum Messen einer Position des Strahls sowohl im Nahfeld als auch im Fernfeld;
- einer Einrichtung (300, 320) zum Bestimmen einer Lateralposition und einer Winkelrichtung des Strahls aufgrund der Messungen im Nahfeld und im Fernfeld; und
- Einrichtungen (200, 310) zum automatischen Einstellen der Lateral- und Winkelpositionen des Strahls aufgrund der Bestimmungen der Lateral-



position und der Winkelrichtung.

20. Verfahren zum Einstellen einer Lateralposition und/oder einer Richtung eines Laserstrahls, umfassend die folgenden Schritte:

Messen einer Nahfeld-Eigenschaft des Strahls an seinem optischen Weg;

Messen einer Fernfeld-Eigenschaft des Strahls an seinem optischen Weg;

Bestimmen der Richtung bzw. der Lateralposition des Strahls aufgrund der gemessenen Nahfeld- und Fernfeld-Eigenschaften; und

Einstellen des Strahls auf eine vorgegebene Lateralposition bzw. in eine vorgegebene Richtung.

21. Verfahren nach Anspruch 20, mit folgendem weiteren Schritt:

Aufteilen des Laserstrahls in Komponenten, wobei eine erste Komponente einen ersten Teilstrahl bildet zum Messen der Position des Strahls an einem Ort des Nahfelds, und wobei eine zweite Komponente einen zweiten Teilstrahl bildet zum Messen der Position des Strahls an einem Ort des Fernfelds.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei die genannte zweite Komponente auf den ersten Detektor fokussiert wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die erste Komponente auf den ersten Detektor abgebildet wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die erste Komponente auf einen ersten Abschnitt des ersten Detektors abgebildet wird und die zweite Komponente gleichzeitig auf einen zweiten Abschnitt des Detektors abgebildet wird.

25. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die erste Komponente und die zweite Komponente abwechselnd auf den Detektor abgebildet werden.

26. Verfahren nach Anspruch 22, wobei die erste Komponente auf einen zweiten Detektor abgebildet wird.

27. Verfahren nach Anspruch 23, wobei die erste Komponente mittels einer zweiten Linse auf den genannten ersten Detektor abgebildet wird.

28. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die erste Komponente mittels einer zweiten Linse auf den genannten zweiten Detektor abgebildet wird.

29. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Einstellens beinhaltet, daß sowohl die Richtung als auch die Lateralposition automatisch eingestellt werden.

30. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Einstellens beinhaltet, daß reflektierende Bauteile eingestellt werden.

31. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Einstellens beinhaltet, daß Steuer- und Rückkoppelsoftware sowie -elektronik verwendet werden.

32. Verfahren zum Optimieren einer Lateralposition und/oder einer Richtung eines Laserstrahls unter Verwendung optischer Komponenten, eines Detektors, einer Steuerung sowie Steuer- und Rückkoppelsoftware und -elektronik mit folgenden Schritten:

Messen der Strahlposition im Fernfeld entlang des Laserstrahlweges;

Messen der Strahlposition im Nahfeld entlang des Laserstrahlweges;

Bestimmen der Richtung bzw. der Lateralposition des Strahls aufgrund der gemessenen Strahlpositionen im Nahfeld und Fernfeld; und

automatisches Einstellen der optischen Komponenten zum Optimieren der Richtung bzw. der Lateralposition des Strahls unter Verwendung der Steuer und Rückkop-

pelsoftware und der Elektronik.

33. Verfahren nach Anspruch 32, mit folgendem weiteren Schritt:

Aufteilen des Strahls in eine erste Komponente und eine zweite Komponente vor dem Nachweis der Strahlposition im Nahfeld und Fernfeld.

34. Lasersystem mit einem Resonator und einer Gas-Entladungskammer zum Erzeugen eines Laserstrahls, zumindest einer optischen Komponente zum Einstellen der Richtung und der Lateralposition des Strahls, und zumindest einem Detektor zum Messen der Positionen des Strahls an zwei Orten entlang seinem optischen Weg, die Abstand voneinander haben, wobei einer der zwei Orte im Nahfeld und der andere im Fernfeld entlang dem optischen Weg liegen.

35. Lasersystem nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß eine einzelne Linse vorgesehen ist mit einer Brennebene an einem Detektor, wobei die Linse eine Ebene des Nahfeldes auf den Detektor abbildet.

36. Lasersystem nach Anspruch 34, gekennzeichnet durch eine erste Linse, die eine Nahfeldebene auf den Detektor abbildet und eine zweite Linse, die eine Brennebene am Detektor hat.

37. Excimerlasersystem, aufweisend:

eine Gasentladungskammer und einen Resonator zum Erzeugen eines Ausgangsstrahls auf einem ersten optischen Weg;

eine Strahlsteuereinrichtung (200) auf dem ersten optischen Weg;

Einrichtungen (100) zum Ausrichten eines ersten Teils des Strahls auf einem zweiten optischen Weg und zum Ausrichten eines zweiten Teils des Strahls auf einem dritten optischen Weg;

fokussierende optische Mittel, die auf dem genannten zweiten optischen Weg angeordnet sind;

einen Detektor (125), der hinter der Linse auf dem zweiten optischen Weg angeordnet ist; und

eine Steuerung (300) zum Einstellen der optischen Komponenten aufgrund von Informationen, die vom Detektor erhalten werden, um die Richtung bzw. Lateralposition des Ausgangsstrahls einzustellen.

38. Laser gemäß Anspruch 37, weiterhin aufweisend: abbildende optische Mittel, die entlang dem dritten optischen Weg vor dem Detektor angeordnet sind; und Einrichtungen zum Ausrichten des genannten zweiten Teils des Strahls zur Abbildung.

39. Laser gemäß Anspruch 37, mit einem zweiten Detektor auf dem genannten dritten optischen Weg.

40. Opto-elektronische Anordnung zum Stabilisieren einer Winkellage und/oder einer Raumlage eines Ausgangsstrahls eines Lasers mit:

Einrichtungen zum Ausrichten eines ersten Teils des Strahls entlang eines ersten optischen Weges und eines zweiten Teils des Strahls entlang eines zweiten optischen Weges;

einen Detektor (125) zum Messen des ersten Teils und des zweiten Teils des Strahls;

eine erste Linse zum Fokussieren des genannten ersten Teils auf den Detektor;

eine Einrichtung zum abwechselnden Blockieren des ersten Teils und des zweiten Teils; und

eine Einrichtung zum Einstellen der Lateralposition und der Winkelrichtung des Strahls auf vorgegebene Werte in Abhängigkeit von der Messung der ersten und zweiten Teile des Strahls.

41. Opto-elektronische Anordnung gemäß Anspruch 40, wobei eine erste Linse den zweiten Strahlteil auf zumindest einen Detektor abbildet.

42. Opto-elektronische Anordnung gemäß Anspruch  
40, mit einer zweiten Linse zum Abbilden des zweiten  
Teils des Strahls auf den zumindest einen Detektor.  
43. Verfahren zum Optimieren einer Richtung und/  
oder einer Raumlage eines Ausgangsstrahls eines La- 5  
sers unter Verwendung von ausrichtenden optischen  
Mitteln, einer oder mehrerer Linsen, zumindest eines  
Detektors, folgende Schritte aufweisend:  
Richten eines ersten Teils des Strahls entlang einem er-  
sten optischen Weg und eines zweiten Teils des Strahls 10  
entlang einem zweiten optischen Weg;  
Fokussieren des ersten Teils des Strahls auf zumindest  
einen Detektor;  
Abbilden des zweiten Teils des Strahls auf zumindest  
einen Detektor; 15  
Messen des ersten Teils und des zweiten Teils des  
Strahls; und  
Einstellen der Lateralposition bzw. der Richtung des  
Strahls auf eine vorgegebene Lateralposition bzw. eine  
vorgegebene Richtung aufgrund der Messung der er- 20  
sten und zweiten Strahlteile.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

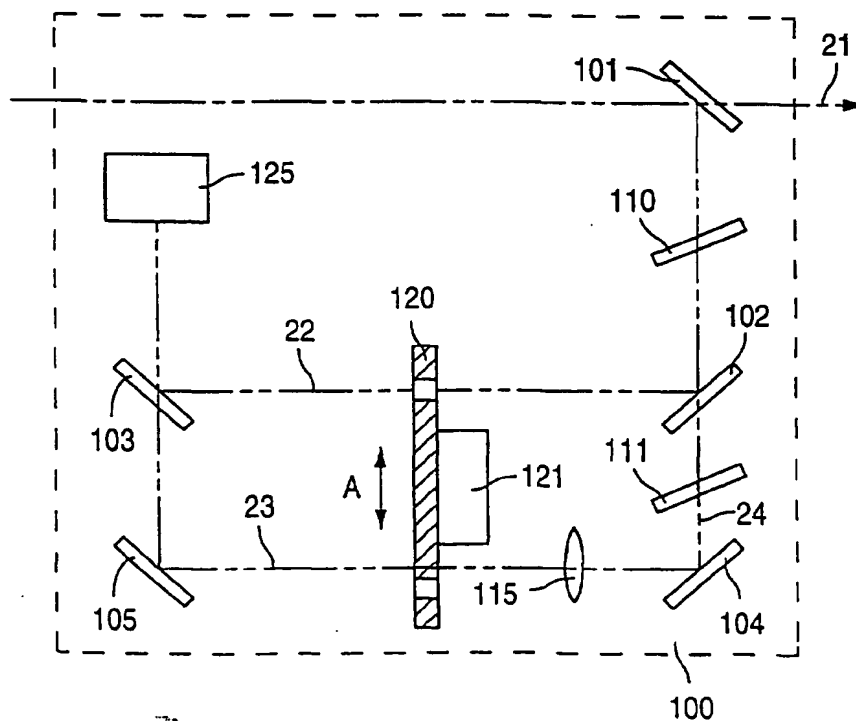
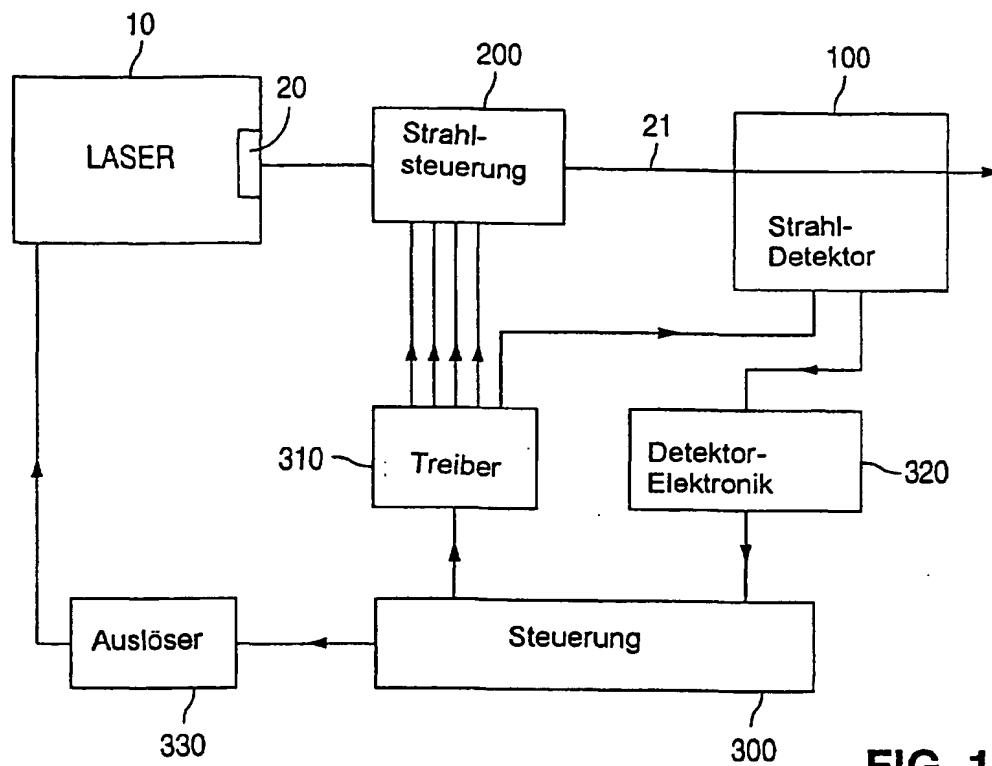
50

55

60

65

- Leerseite -



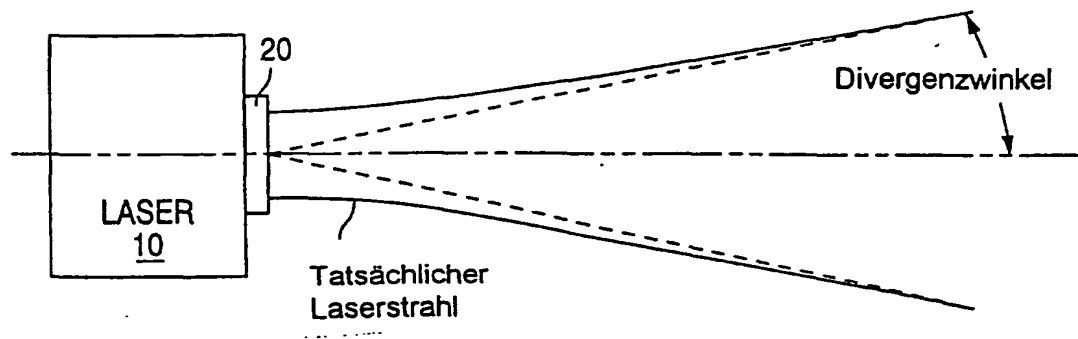


FIG. 3

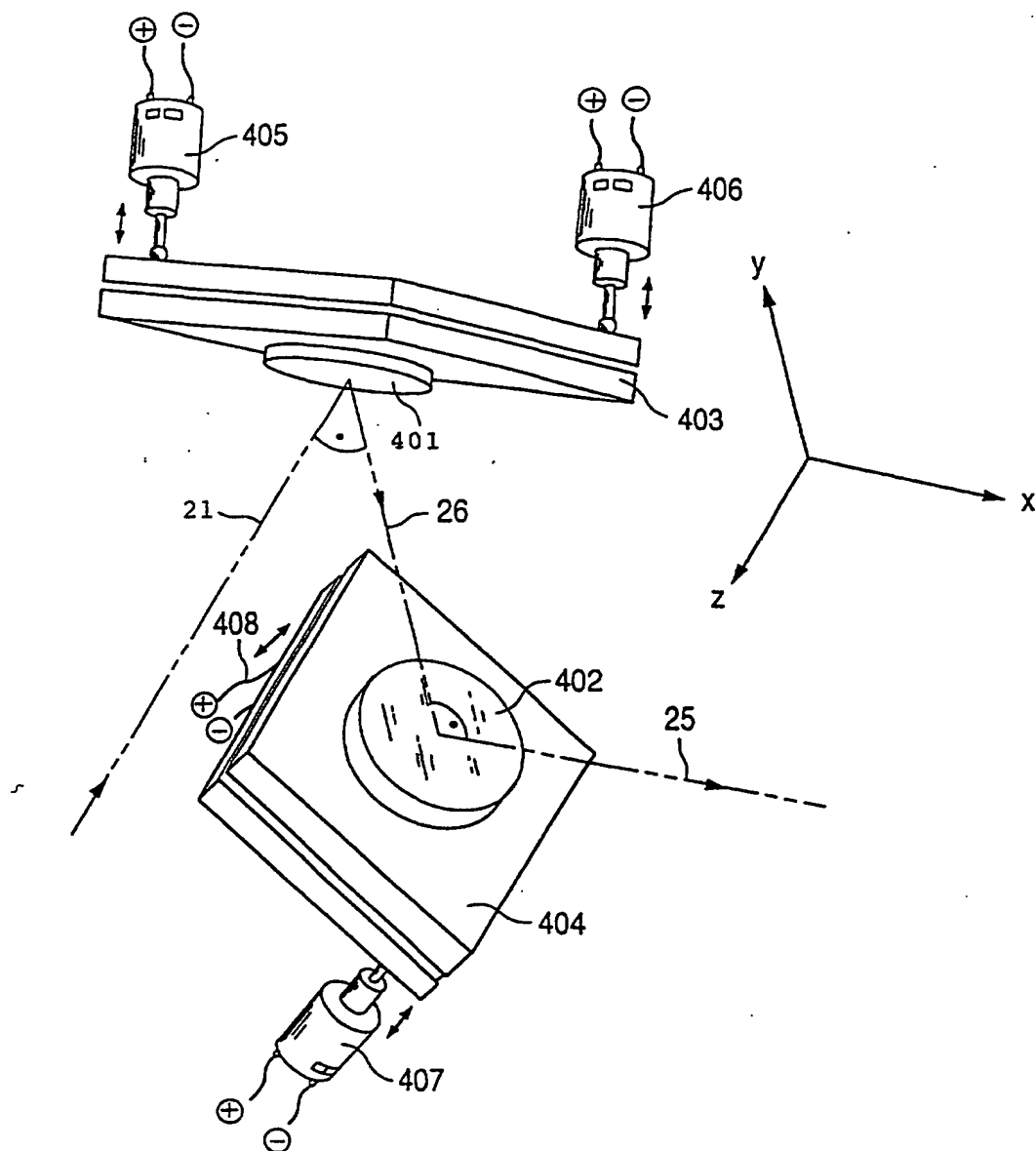


FIG. 4

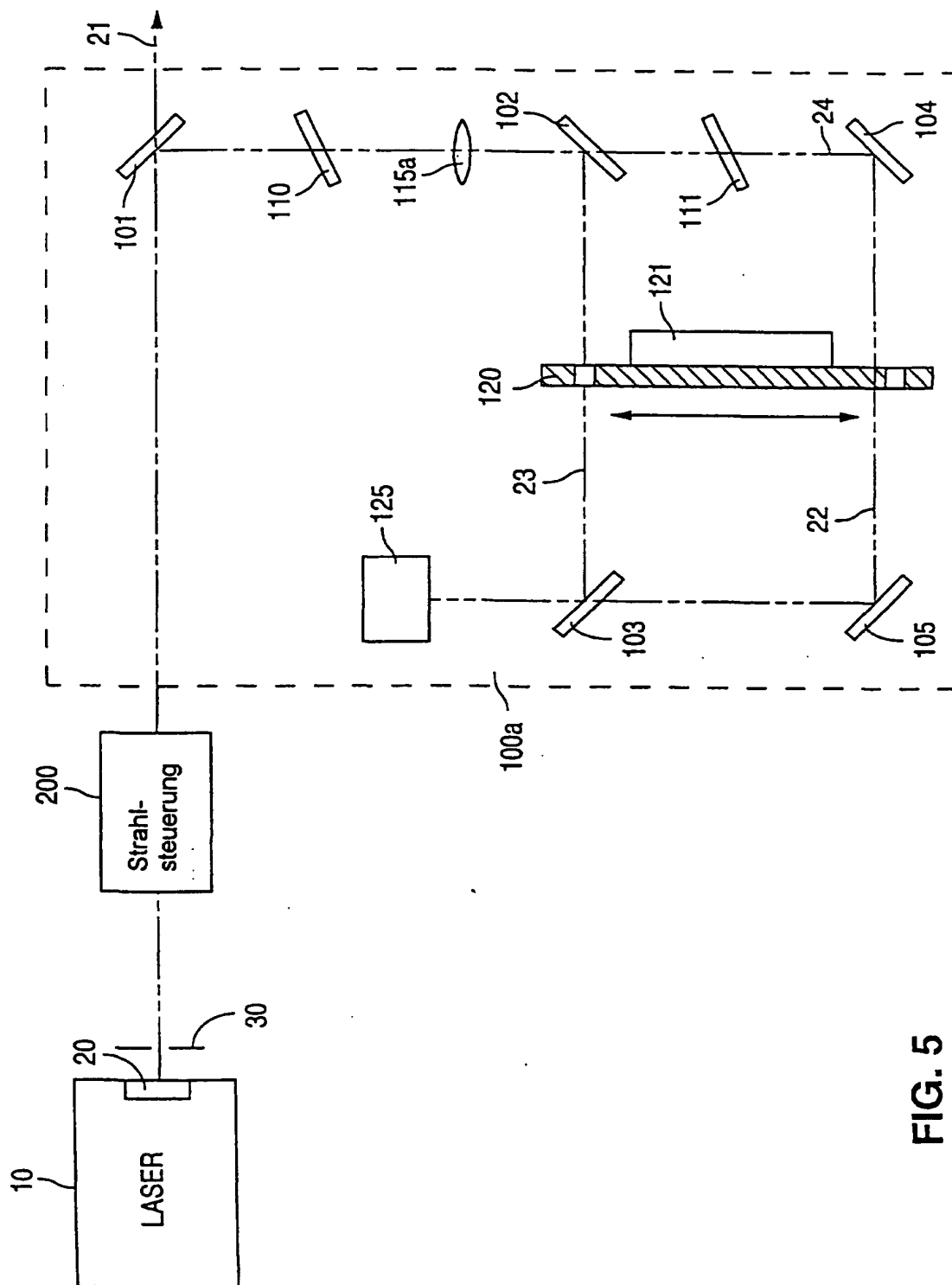


FIG. 5

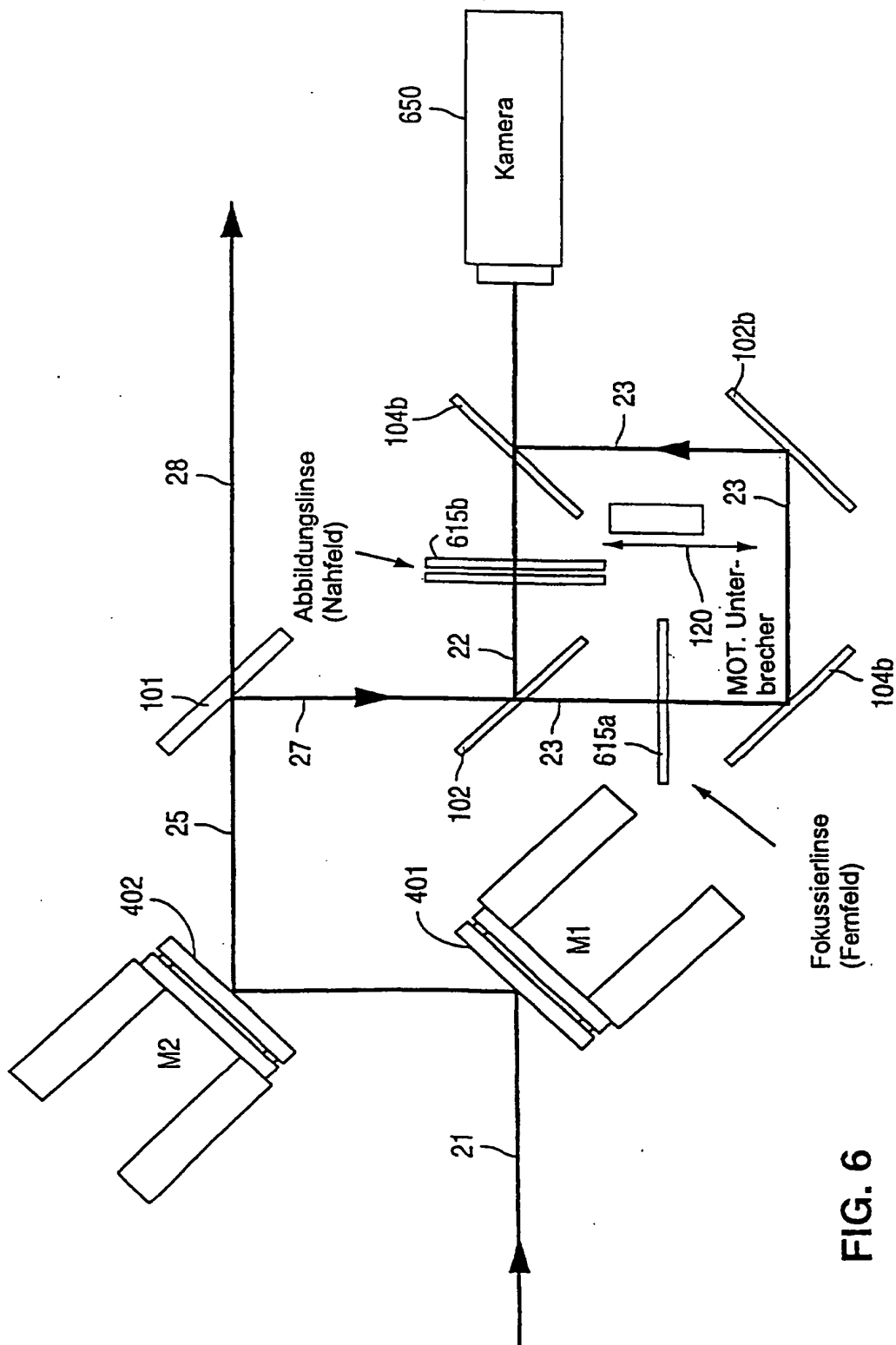


FIG. 6



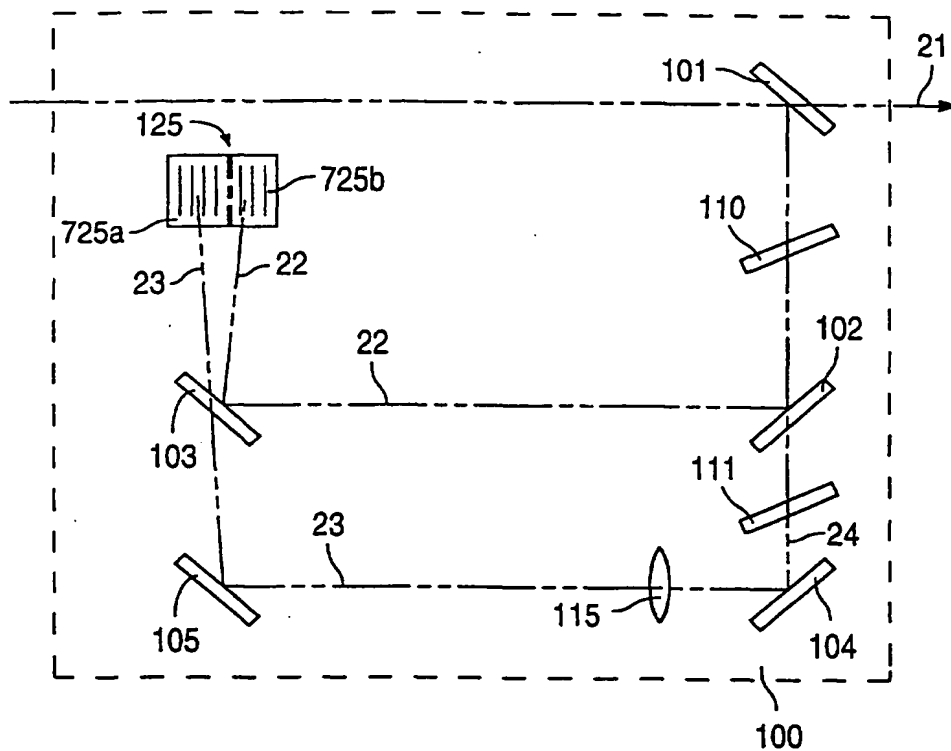


FIG. 7